

сканирующая система гарантирует высокую точность измерений (до 30 мкм), позволяет значительно повысить автоматизацию измерений и обеспечить выявление брака на ранних стадиях производства.

Одновременное повышение точности, а также скорости процесса контроля позволяет увеличить количество проверяемых изделий в партии. Кроме того, такая технология позволяет вести контроль изделий между операциями, т.к. установленная в оборудовании ПУ просчитывает характеристики получаемой детали на всех стадиях производства. Все это положительно влияет на выявление брака на производстве, а также на трудоемкость персонала.

Минусы данной системы схожи с минусами автоматизированных станков, а именно:

- 1) потребность в квалифицированном обслуживающем персонале;
- 2) чувствительность к внешним факторам (т.е. влажность и запыленность воздуха и т.д.);
- 3) высокая стоимость оборудования.

Заключение. Опираясь на вышеперечисленные способы, мы получим производство с минимальным участием человека в процессе изготовления изделия с высоким качеством выпускаемой продукции. Однако необходимо помнить о высокой стоимости внедрения этих способов, так как в текущих реалиях это довольно трудно. Это значит, что модернизацию необходимо производить поэтапно, чтобы обеспечить требуемое качество на определенных этапах производственного процесса.

Список использованных источников

1. Жолобов, А.А. Технология автоматизированного производства. Учебник для ВУЗов. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 624 с.
2. Технология машиностроения: учебное пособие / М.Ф. Пашкевич. [и др.]; под общ. ред. М.Ф. Пашкевича. Минск: Новое издание, 2008. – 478 с.
3. Акулич, Н.В. Технология машиностроения: пособие / Н. В. Акулич. – Минск: РИПО, 2013. – 395 с.

УДК 62-503.56

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ СИЛОВЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Павловский Р.В., Горюнова В.А.

Филиал БНТУ «Минский государственный политехнический колледж»

Abstract. The article deals with improvement of the electrical appliances efficiency with the help of fifth-generation IGBT-modules Trench-FieldStop. The article draws our attention to features of advanced technology combination in IGBT-modules creation and their use in modern energy converter.

Аннотация. В данной работе рассмотрены вопросы повышения эффективности управления электроприводами с помощью IGBT-модулей пятого поколения Trench-FieldStop. Показаны особенности сочетания передовых технологий создания IGBT-модулей и их применения в современных преобразователях энергии.

Независимо от типа приводов, управление ими было бы затруднительно без использования современных полупроводниковых приборов. До появления мощных высокочастотных транзисторов управление двигателями осуществлялось с помощью электромагнитных реле, а регулировка мощности производилась реостатным методом, что очень негативно влияло на КПД системы, впрочем, как и на остальные технические характеристики. Только с появлением мощных IGBT-модулей и биполярных транзисторов в комбинации с микроконтроллерным управлением стало возможным прецизион-

ное управление основными параметрами движения: частотой вращения, скоростью подачи и точностью позиционирования. Применение современных силовых полупроводниковых приборов дало толчок к развитию систем автоматизированного управления станочными электроприводами и приводами роботов-манипуляторов [1].

Силовые модули на основе IGBT-транзисторов (биполярный транзистор с изолированным затвором) охватывают диапазон рабочих напряжений 600, 1200, 1700, 3300, 4500, 6500 В, а также токов от 50 до 3600 А. Кристаллы модулей изготовлены по самым передовым технологиям, позволяющим получить максимальную температуру перехода +175°C [2].

Отличительной особенностью IGBT-модулей, производимых одной из лидирующих компаний мира Infineon, является уникальное сочетание трех передовых технологий [3]:

- IGBT пятого поколения, изготовленные по технологии Trench-FieldStop;
- корпуса с малым тепловым сопротивлением PrimePACK;
- технология .XT, увеличивающая надежность модуля.

Использование каждой из этих технологий по отдельности уже позволяет ощутимо улучшить характеристики преобразователей, однако их сочетание взаимно усилило преимущества друг друга, что позволило компании Infineon в конечном итоге увеличить удельную мощность своих приборов как минимум на 25%, тем самым фактически открыв новую эпоху в силовой преобразовательной технике.

Технология Trench-FieldStop позволила примерно вдвое уменьшить толщину зоны дрейфа зарядов и, соответственно, уменьшить как величину падения напряжения между коллектором и эмиттером в открытом состоянии, так и улучшить частотные характеристики транзисторов за счет уменьшения количества заряда.

Использование для изготовления транзисторов Trench-FieldStop пластин кремния, толщина которых намного меньше толщины стандартных подложек, с одной стороны, усложнило технологию производства и увеличило себестоимость, с другой же – это было скомпенсировано улучшением практически всех остальных параметров.

В итоге Trench-FieldStop-IGBT отличаются малыми значениями статических и динамических потерь, теплового сопротивления, высокой плотностью тока и устойчивостью к циклическим тепловым нагрузкам.

Кроме этого, увеличенная толщина медной металлизации вывода эмиттера позволила увеличить тепловую емкость структуры и увеличить допустимое время работы на границе области безопасной работы (в режиме короткого замыкания) до 10 мкс.

Однако какие бы высокие характеристики ни были у транзистора, его работа зависит также от характеристик корпуса, который обеспечит защиту от условий окружающей среды. От конструкции и материала корпуса зависит скорость отвода тепла и, соответственно, температура кристаллов. Кроме этого, учитывая особенности работы мощных преобразователей, особое значение для этого узла модуля имеет стойкость к циклическим тепловым нагрузкам.

Основания корпусов PrimePACK выполнены из металломатричного композиционного материала Al-SiC на основе алюминиевого сплава, армированного частицами карбида кремния. Этот материал обладает высокой теплопроводностью (180-200 Вт/м·К) и возможностью регулировки коэффициента теплового расширения. Ключевыми особенностями корпусов PrimePACK является малая величина теплового сопротивления, в том числе и за счет размещения кристаллов полупроводниковых элементов ближе к точкам крепления подложки к теплоотводу, что позволяет эффективно отводить тепло от силовых элементов модуля [3].

Однако, как показывает практика, использование высокоэффективных транзисторов и передовых технологий корпусирования может оказаться недостаточным для получения высокой удельной мощности. Ведь силовые компоненты требуют качественного соединения как между собой, так и с терминалами модуля.

Технология .ХТ была тщательно продумана для обеспечения необходимого уровня надежности и максимального срока службы модуля в условиях циклических тепловых нагрузок. Использование технологии .ХТ практически полностью устраняет все недостатки, присущие традиционным технологиям изготовления модулей.

В первую очередь мягкие и текучие алюминиевые проводники для внутренних соединений были заменены на более термостабильные и надежные медные шины. Кстати, именно из-за необходимости соединения с медными шинами в IGBT Trench-FieldStop пятого поколения вывод эмиттера пришлось сделать медным. Как известно, медь имеет более высокую по сравнению с алюминием прочность на разрыв и температуру плавления, что делает ее более устойчивой к термомеханическим нагрузкам. Кроме этого, она имеет меньший коэффициент температурного расширения, что позволяет снизить величину внутренних механических напряжений в модуле при изменении температуры.

Медь также имеет меньшее удельное сопротивление по сравнению с алюминием, что в совокупности с использованием параллельного соединения нескольких медных шин, уменьшающих общую индуктивность, позволило увеличить максимальное значение тока внутри модуля. Однако, для надежного крепления полупроводниковых кристаллов к основе модуля пришлось разработать две новые технологии.

В первую очередь пайка с помощью мягких припоев была заменена на более высокотемпературную диффузную пайку с образованием интерметаллических соединений.

В случае, когда использование высоких температур при сборке модуля затруднительно, используется технология низкотемпературного (200-270°C) спекания микрочастиц серебра. В отличие от диффузной пайки, основным критерием качества которой является однородность и отсутствие пустот, качество спекания серебра напрямую зависит от пористости образовавшегося соединения.

Таким образом, технология .ХТ позволяет более надежно фиксировать кристаллы полупроводниковых элементов на основании модуля, что в совокупности с другими технологиями, позволяет повысить рабочую температуру кристалла и, соответственно, удельную мощность используемых модулей.

Выводы. Благодаря новым технологиям создания IGBT-модулей, имеющим высокий КПД, стало возможным их использование в более сложных системах управления электроприводами. Можно выделить основные преимущества передовых технологий при создании IGBT-модулей:

- технология Trench-FieldStop позволила примерно вдвое уменьшить толщину зоны дрейфа зарядов и, соответственно, уменьшить как величину падения напряжения между коллектором и эмиттером в открытом состоянии, так и улучшить частотные характеристики транзисторов за счет уменьшения количества заряда;

- технология PrimePACK позволила добиться малого теплового сопротивления корпуса;

- технология .ХТ позволила более надежно фиксировать кристаллы полупроводниковых элементов на основании модуля.

Список использованных источников

1. Compel [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/94855>.

2. Efo-power [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.efo-power.ru/products/?l3=17>.

3. Compel [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/96417>.